중만생 복합내병 다수성 발아현미용 거대배아미 ‘큰품’

안억근* · 현웅조 · 정국현 · 원용재 · 홍하철 · 박향미 · 장재기 · 이정희 · 이점호 · 성낙식 · 서정필 · 오세관 · 윤미라
농촌진흥청 국립식량과학원

‘Keunpum’: A Mid-Late Maturing, High Yielding, Giant Embryo Rice Cultivar with Resistance to Multiple Diseases and Used as Germinated Brown Rice

Eok-Keun Ahn*, Ung-Jo Hyun, Kuk-Hyun Jung, Yong-Jae Won, Ha-Cheol Hong, Hyang-Mi Park, Jae-Ki Chang, Jeong-Heui Lee, Jeom-Ho Lee, Nak-Sig Sung, Jung-Pil Suh, Sea-Kwan Oh, and Mi-Ra Yoon

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16429, Republic of Korea

Abstract ‘Keunpum’ is a mid-late maturing, high yielding, giant embryo rice (*Oryza sativa* L.) cultivar which is adapted to central plains and was developed to be used as (germinated) brown rice. It is resistant to multiple diseases with a good grain quality. This cultivar was derived by crossing a giant embryo rice variety ‘Keunnun’ and a mid-late maturing, multi-disease resistant rice cultivar ‘Samkwang’-it has good palatability of cooked rice. The growth period of this cultivar is approximately 117 d from seeding to heading, with a culm length of 88 cm, panicle length of 20 cm, 13 panicles per hill, 136 spikelets per panicle, and 1,000-grain weight of 19.1 g brown rice. This variety has low tolerance to cold stress and premature germination similar to ‘Keunnun’ but exhibits high resistance to lodging. In addition, ‘Keunpum’ is resistant to bacterial blight (race K1, K2, K3), rice stripe virus, and is moderately resistant to leaf and neck blast. Its average milled rice yield for three years reached 5.34 MT/ha, which is 10% higher than that of ‘Keunnun’. In the brown and germinated brown rice of this cultivar, the total dietary fiber content are 6.45% and 6.71%, and the GABA (γ -amino butyric acid) content are 6.61 and 39.47 mg/100 g, respectively. In addition, the total contents of polyphenol, flavonoid, and tannin were higher in ‘Keunpum’ brown rice than in ‘Keunnun’. The DPPH and ABTS radical scavenging activities were 75.23, 116.08 mg TE/100g, respectively. These functional components and antioxidant activities play an important role in inhibiting diseases and the aging process of the human body. Therefore, it is expected to be used as a basic data in the manufacture of secondary processed products using germinated brown rice (Grant No. 7684).

Keywords Rice, Giant embryo, GABA, Disease resistance, Keunpum

Received on October 1, 2021. Revised on October 29, 2021. Accepted on October 29, 2021.

* Corresponding Author (E-mail: okahn@korea.kr, Tel: +82-31-695-4027, Fax: +82-31-695-4029)

서 언

쌀은 전 세계적으로 생산 및 소비량이 밀 다음으로 많은 곡식으로 아시아 대부분의 나라들이 주식으로 이용하고 있다. 우리나라의 경우에도 쌀은 국내 곡류 소비량 1위를 차지하고 있지만 생산 및 소비량이 매년 감소하고 있는 추세이다. 통계청 자료(2020)에 의하면 1997년 1인당 연간 쌀소비량은 102.4 kg이었으나, 2020년 1인당 연간 쌀 소비량은 57.7 kg까지 떨어졌다. 또한 1인 가구 및 맞벌이 가구 증가 등에 따라 식사 행태 및 문화가 변화하고, 이러한 트렌드 변화에 따라 가정간편식(Home Meal Replacement, HMR) 시장도 빠르게 증가하고 있다. 가정간편식의 국내 시장규모는 2015년 1조 6,823억 원에서 2018년 3조

2천억 원 수준으로 증가(90.5%)하였고, 수출액도 크게 증가하였다. 향후 가정간편식 시장은 2022년까지 약 5조 원 수준으로 성장할 전망이다(농림축산식품부 · aT, 2019). 이러한 변화에 대응하기 위해 정부의 여러 조치에도 불구하고 국내 생산 쌀의 가격하락, 재고량 증가와 같은 문제점이 빈번하게 발생하고 있다. 정부 및 식품업계는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 쌀 가공품 개발을 활발하게 진행하고 있다(Cho et al. 2011).

쌀에는 전분을 제외한 성분들이 쌀의 호분층과 배아에 분포되어 있는데, 특히 도정하지 않은 현미에서 항산화력을 나타내는 tocopherol, γ -oryzanol 등의 기능성 영양성분들이 많이 함유되어 있다(Kim et al. 2004). 또한 식물성 섬유질을 비롯한 각종 효소, 비타민, 미네랄 등의 영양소가 다량 함유되어 있다. 그러나

현미가 가지고 있는 뛰어난 효능에도 불구하고, 현미는 단단한 껍질과 피틴산 등으로 인하여 식감이 거칠고 소화가 잘 되지 않는 단점을 가지고 있어, 이러한 현미의 식미 향상 및 질감의 개선을 위한 노력이 계속되고 있다(Kim et al. 2012). 발아현미는 적당한 온도와 수분, 산소 등을 공급해 현미를 발아시킨 것으로 조식을 연화시켜 질감을 개선시킬 뿐 아니라, 발아과정 중 식이섬유, 비타민 B1, B2, E, 칼슘, 인 등의 무기질과 γ -amino butyric acid (GABA), β -sitosterol 등 각종 미량기능성 성분들이 증가하는 것으로 보고되고 있다(Kim et al. 2001, Lee et al. 2007, Oh et al. 2002, Nakagawa and Onoto. 1996). 이러한 발아 시 장점으로 인해 현재 국내에서 2차 가공식품 중 발아현미를 원료로 사용하는 식품으로는 즉식 취반밥, 식빵, 미숫가루, 시리얼, 누룽지, 죽, 차, 식혜 등이 판매되고 있다(Cho et al. 2011).

GABA는 현미의 발아 동안 가장 큰 함량 증가를 보이는 물질이며 발아현미에서 가장 주목받고 있는 물질 중 하나로 알려져 있고(Cho et al. 2011) 일반현미에서 보다 배가 큰 거대배아미에서 그 함량이 크게 증가하는 것으로 보고되었다(Lee et al. 2016). 이러한 장점을 활용하기 위해 국립식량과학원에서는 배가 큰 벼 품종을 개발하기 시작하여 현재 ‘큰눈’(Hong et al. 2012), ‘눈큰흑찰’(Park et al. 2015), ‘눈큰흑찰1호’ 등이 개발되어 있다. 그러나 이러한 품종은 수량이 낮고 현미의 외관품위가 다소 불량하고 병이나 충에 약하다는 단점을 가지고 있다. 그래서 이를 개선하여 수량성, 외관품위, 기능성 성분 향상을 통한 경제성과 상품성을 높여 쌀 소비를 활성화 하고자 흰잎마름병 등에 저항성이며 밥맛과 도정특성이 우수한 최고품질 품종 ‘삼광’(Kim et al. 2007)을 활용하여 ‘큰품’을 육성하였기에 그 육성 경위와 주요특성에 대해 서술하고자 한다.

재료 및 방법

인공교배, 재배방법 및 농업적 특성 조사

거대 배아를 가진 ‘큰눈’을 모본으로 중만생종이고 흰잎마름병에 저항성이며 밥맛과 도정특성이 우수한 최고품질 품종 ‘삼광’을 부본으로 2006년 하계에 인공교배하여 계통육종법에 따라 계통선발 및 생산력검정시험을 거쳐 2015년에 ‘수원595호’로 계통명을 부여하였다. 2015년부터 2017년까지 3개년 간 중부평야지 4개소(수원, 화성, 춘천, 청주), 호남평야지 1개소(예산)에서 보통기 보비재배(N-P₂O₅-K₂O; 9-4.5-5.7 kg/10a)로 지역적응시험을 실시하여 대비품종인 ‘큰눈’과 비교하여 주요 특성을 조사하였다. 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 중부평야지에서는 4월

25일, 호남평야지에서는 4월 30일에 파종하여 각각 5월 25일, 5월 30일에 재식거리 30 × 15 cm로 주당 3본씩 손이앙하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였고, 주요농업형질, 수량구성요소 및 수량성 조사는 농촌진흥청 신품종개발공동연구사업 과제수행계획서(RDA 2015, 2016, 2017) 조사기준에 준하였다.

재해 및 병해충 저항성 검정

수발아 검정은 출수 후 40일 주간이삭을 3반복으로 수확하여 25℃, 포화습도에서 7일간 처리 한 후 발아율을 조사하였다. 저온발아성 검정은 2반복으로 13℃에서 처리한 후 조사하였고 내냉성은 이앙 후 30일-등숙기 때 수온 17℃ 냉수 처리 후 적고, 출수지연일, 임실율, 성숙기 표현형 정도를 조사하였다. 도복저항성 검정 시 좌절중은 출수 후 20일에 반복별로 평균적인 3개체를 골라 주간 기부 10 cm를 잘라 중앙부에 하중을 걸어 부러질 때까지의 무게를 좌절중 측정기(SHMPO FGX series, Japan)를 이용하여 측정하였다. 도복지수는 모멘트[(주간간장+수장) × 총생체중/좌절중(g) × 100]의 식을 이용하여 구하였다. 포장도복은 출수 후 30일에 달관조사 하였는데 그 기준은 이삭줄기 경사 15% 미만일 때 1, 16-30%일 때 3, 31-45%일 때 5, 이삭의 일부가 지면에 닿을 때 7, 완전히 땅에 깔린 상태일 때 9의 등급으로 그 정도를 파악하였다.

잎도열병 검정은 전국 12개소 발못자리에 6월하순에서 7월상순에 파종하여 30일 후 이병성 품종에 병이 확산되었을 때 계통들의 이병 정도를 조사하였다. 검정포장에 비료는 밑거름으로 21%N복합비료를 74 kg/10a, 추비는 1차로 파종 12일에 요소 10 kg, 2차는 파종 20일에 요소 10 kg을 시비하였다. 흰잎마름병은 K1(HB1013), K2(HB1014), K3(HB1015) 및 K3a(HB1009) 균계를 최고분얼기에 개체별 가위로 잎의 끝부분을 잘라 접종한 후 30일 세균에 감염된 잎의 길이를 조사하여 이병정도를 판단하였다. 바이러스병은 검정실에서 유묘 본엽 2-3엽기에 보독충 접종을 3-4일간 실시하고, 접종 후 30일에 조사하였다. 벼멸구 저항성은 본엽 2-3엽기에 충령이 2-3령인 충을 개체당 4-5마리 접종하고 감수성 품종인 ‘태백’벼 고사 후 조사하였고 애멸구도 본엽 2-3엽일 때 개체 당 4-5마리 접종하고 7-10일 후 감수성 품종이 고사한 후 조사하였다.

GABA 및 총식이섬유 함량 분석

현미 및 발아현미의 GABA (γ -aminobutyric acid) 함량은 시료 0.5 g을 3% TCA (trichloroacetic acid) 용액 10 mL를

첨가한 후 1시간 동안 교반 추출하였다. 추출물을 1,500 rpm으로 15분 간 원심분리 후 상등액을 취하여 0.45 μm Syringe filters로 여과한 후 아미노산 자동 분석기(L-8800 Amino acid auto analyzer, Hitachi, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

총식이섬유 함량은 Fibertec™ 1023 (FOSS Tecator)을 이용하여 분석하였다. 시료를 1 g 씩 정량하여 cleaned flask에 넣고 MES-TRIS (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) buffer solution 40 mL를 첨가하여 용액이 잘 섞이도록 적당한 속도로 교반하고, megazyme total dietary fiber kit (Megazyme, Wicklow, Ireland)의 α -amylase solution 50 μL 를 첨가하여 100°C의 water bath에서 약 30분간 반응시켰다. 반응액을 식힌 후 100 μL protease solution을 첨가하고, 60°C shaking water bath에서 30분간 반응시켜 식힌 후 0.561N HCl 5 mL로 pH 4.5로 조절한 후 200 μL amyloglucosidase solution를 첨가하고, 60°C shaking water bath에서 30분간 반응시켰다. 불용성 식이섬유(Insoluble dietary fiber)는 0.5 g celite (FOSS Tecator)를 포함한 crucible에 여과한 후 70°C 정도로 데워 둔 증류수 10 mL를 2회 수세하고 95% ethanol과 acetone 10 mL씩 2회 수세하였다. Crucible을 105°C에서 하룻밤 건조하고 정량하였다. 수용성 식이섬유(soluble dietary fiber)는 불용성 식이섬유 분석과정에서 나온 효소 반응액에 미리 60°C로 예열된 95% ethanol 225 mL를 첨가하여 60분간 상온에서 침전시키고, 0.5 g celite (FOSS Tecator)를 포함한 crucible로 여과하여 78% ethanol과 95% ethanol 각각 15 mL로 수세한 후 acetone 10 mL로 2회 수세하였다. Crucible을 105°C에서 하룻밤 건조하고 정량하였다. 총 식이섬유(total dietary fiber)는 불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유의 합으로 산출하였다.

항산화 성분 함량 분석

분쇄된 시료 일정량을 취하여 80% 에탄올로 상온에서 24시간 동안 3회 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과하여 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과, 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto et al. 2002). 추출물 50 μL 에 2% Na_2CO_3 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich) 50 μL 를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 100 g당 mg gallic acid equivalent (GAE, dry

basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 μL 에 증류수 1 mL와 5% NaNO_2 75 μL 를 가한 다음, 5분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μL 를 가하여 6분 방치하고 1N NaOH 500 μL 를 첨가하고, 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(Dewanto et al. 2002). 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 100 g당 mg catechin equivalent (CE, dry basis)로 나타내었다. 총 탄닌 함량은 Duval & Shetty (2001)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 용액 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들어 주고, 5% Na_2CO_3 용액 1 mL와 1N Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid (Sigma-Aldrich)를 표준물질로 검량선을 작성하여 시료 100 g당 mg tannic acid equivalent (TAE, dry basis)로 나타내었다.

DPPH 및 ABTS radical 소거 활성 측정

항산화 활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거 활성을 측정하였다(Choi et al. 2006). DPPH radical 소거 활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical 소거 활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon = 3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 μL 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거 활성은 시료 100 g당 mg TE (Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

결과 및 고찰

육성 경위

‘큰품’은 거대배아미인 ‘큰눈’의 단점인 수량성, 내병성 및 외관품위를 개선하기 위해 ‘큰눈’을 모본으로 중만생종이고 흰 잎마름병(균계, K1, K2, K3)과 줄무늬잎마름병에 저항성이며 심복백(0/0)이 없어 맑고 밥맛과 도정특성이 우수한 최고품질 품종 ‘삼광’을 부분으로 2006년 하계에 인공교배하여 ‘SR30683’의 교배번호를 부여하였다. 2007년 하계에 수원에서 F₁ 24개체

Year	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆					
Keunnun × Samkwang	- SR30683	1	1	1								
		·	·	·		1	1					
		·	·	·	1	2	2					
		· →	· →	(2) →	(2) →	(3) →	(3) →	SR30683-2-2-3-3				
		24	·	·	3							
			·	48								
			1,200									
											Keunpum (Suweon595)	
No. of breeding lines	24	1,200	48	3	3	3		OYT	PYT	RYT		
Remarks	Pedigree							Yield trial		LAT ^z		

^zLAT: local adaptability test

Fig. 1. Pedigree diagram of 'Keunpum'.

Fig. 2. Genealogy of 'Keunpum'.

를 양성한 후, 2008년 하계에 F₂ 1,200개체를 공시하여 48개체를 목적 형질에 맞추어 선발한 후 2009~2012년에 국립식량과학원 시험포장에서 계통육종법에 따라 내병성 검정을 병행하면서 F₃세대에서 F₆ 세대를 경과 시켜 2013년에 우량계통을 선발하였다. 선발된 'SR30683-2-2-3-3'계통에 대하여 2013~2015년 3개년 간 생산력검정 예비선발 및 본 시험을 실시하여 거대배아이면서 배유가 맑고 도열병, 흰잎마름병, 줄무늬잎마름병에 강한 계통을 선발하여 '수원595호'로 계통명을 부여하였다. 2015~2017년 3개년 간 지역적응시험 결과 쌀알이 맑고 내병성과 수량이 향상된 거대배아미로 그 우수성이 인정되어 2017년 12월 직무육성신 품종선정위원회에서 '큰품'으로 명명되었고 2018년에 출원, 2019년에 품종보호권등록(품종보호 제7684호, 국립종자원)이 완료되었다(Figs. 1~4).

생육특성

‘큰품’의 출수기는 중부평야지에서 8월 14일로 ‘큰눈’보다 3일 빠르고 호남평야지에서는 8월 8일로 ‘큰눈’보다 4일 빠르며 5개소 평균 출수기는 8월 10일로 ‘큰눈’보다 3일 빠름($p<0.01$) 중만생종이었다(Table 1). 간장은 88 cm로 ‘큰눈’보다 3 cm 길고($p<0.01$) 수장은 20 cm로 ‘큰눈’보다 3 cm 짧았다($p<0.01$). 주당수수는 13개로 ‘큰눈’보다 1개 많았지만 통계적으로 유의하지 않았다. 수당립수는 136개로 147개인 ‘큰눈’보다 11개 적었다($p<0.05$). 등숙비율은 77.5%로 ‘큰눈’의 67.2%와 비교하여 매우 높았으며($p<0.05$) 현미 천립중은 19.1 g으로 ‘큰눈’ 19.2 g과 비슷하였다(Table 2). 이와 같이 ‘큰눈’에 비해 출수가 빠르면서 천립중은 비슷하나 립수가 적고 등숙비율이 높은 특성은 ‘큰품’의 배유가 ‘큰눈’보다 맑고 수량이 증가한 원인으로 사료된다. 저온발아율은 54.7%로 50.7%인 ‘큰눈’과 비슷하였고 파종 후 30일째 측정된 묘초장은 18.1 cm로 17.6 cm인 ‘큰눈’보다 길었으

Fig. 3. The stature of giant embryo rice variety, 'Keunpum'(Suweon595) improved a grain quality and disease resistance in the paddy field (upper left) and its unhulled, brown and milled rice (bottom upper, (a)~(c)) compared to 'Keunnun'(bottom lower (d)~(f)).

Fig. 4. Reaction to rice blast disease (A) and bacterial blight (C) of 'Keunpum' compared to 'Keunnun'(B, D).

Table 1. Heading date of giant embryo rice cultivar, 'Keunpum' (15~17, LAT²).

Plain	Region	Seeding date	Transplanting date	Heading date	
				Keunpum	Keunnun
Central	4 site including Suwon	Apr. 25	May 25	Aug. 11	Aug. 14
Honam	Yesan	Apr. 30	May 30	Aug. 8	Aug. 12
Average		-	-	Aug. 10**	Aug. 14

Asterisks indicate significant differences between 'Keunnun' and 'Keunpum' as evaluated by the *t*-test: ***p*<0.01

²Local adaptability test

Table 2. Major agronomic traits and yield components of ‘Keunpum’. (‘15~’17, Suwon)

Variety	Culm length ^z (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles /hill	No. of spikelet /panicle	Ratio of ripened grain (%)	1,000 grain weight of brown rice (g)
Keunpum	88**	20**	13 ^{ns}	136*	77.5**	19.1 ^{ns}
Keunnun	85	23	12	147	67.2	19.2

Asterisks indicate significant differences between ‘Keunnun’ and ‘Keunpum’ as evaluated by the *t*-test: ***p*<0.01, **p*<0.05, ^{ns}Not significant

^zLength from soil surface to panicle neck

Table 3. Major growth characteristics of the ‘Keunpum’ in the early stages. (‘15~’17, LAT^z)

Variety	Germination ^y rate (%)	Seedling ^x height (cm)	Early elongation	Cold ^w tolerance	Discoloration ^v
Keunpum	54.7 ^{ns}	18.1 ^{ns}	normal	4	4
Keunnun	50.7	17.6	normal	4	4

^{ns}Not significant

^zLocal adaptability test

^yGermination rate was investigated after incubating 13°C, 15 days

^xSeedling height was measured by 3 replicate on 30 days after seeding

^wCold tolerance was evaluated at seedling stage after treating 13°C, 10 days

^vGrade standard for discoloration : normal (1), pale green of leaf tip (3), 1/3 yellow green of leaf (5), 2/3 yellowish brown of leaf (7), most of leaves withered (9)

Table 4. Response to physiological and environmental stress. (‘15~’17, LAT^z)

Variety	Premature heading (%)	Appearance of wilting	Adult leaf senescence	Premature germination of panicle ^y (%)	Cold tolerance ^x		
					Heading delay (days)	Grain fertility (%)	PA ^w
Keunpum	0.0	Strong	Late	30.6 ^{ns}	9 ^{ns}	39.7 ^{ns}	7
Keunnun	0.0	Strong	Late	27.3	12	22.6	7

^{ns}Not significant

^zLocal adaptability test

^yGermination rate at 7 days after incubation (25°C, 100% RH)

^xCold tolerance was evaluated at a cold-water (17°C) irrigated screening nursery in Chuncheon

^wPhenotypic acceptability : strong (1), medium strong (3), medium (5), medium weak (7), weak (9)

나 통계적으로 유의하지 않았다. 초기 신장성, 유효냉해 및 적고 는 ‘큰눈’과 비슷하였다(Table 3).

생리장해 및 도복 관련 특성

‘큰품’은 못자리 일수 50일묘 이양에서 불시출수가 되지 않았 으며(0.0%) 생육후기 위조에 강할 뿐만 아니라 성숙기 앞의 노화는 늦은편이었다. 성숙기의 잦은 강우와 적온에 의해 수확 전 이삭에서 싹이 트는 수발아는 대비품종인 ‘큰눈’ 27.3%에 비해 높았으나(30.6%) 통계적으로 유의하지 않았다. ‘큰품’의 내냉성 검정 결과 냉수 흘려대기에서 출수지연은 무처리에 비해 9일 늦은 특성을 보였으며 냉수구 임실율은 39.7%로 22.6%인 ‘큰눈’보다 높았으나 통계적 차이는 없었고 종합내냉성(PA)은

7로 약한 편이었다(Table 4). ‘큰품’의 도복과 관련된 특성을 조사한 결과 간장은 ‘큰눈’과 같은 79 cm, 좌절중은 1,331 g으로 ‘큰눈’보다 낮았으나 3 절간장이 9.1 cm로 ‘큰눈’보다 짧아 도복 지수는 ‘큰눈’보다는 낮게 평가되어 도복에 강한 편이다(Table 5). 이러한 도복에 강한 특성은 재배 안정성을 부여한다.

병해충 저항성

2015년부터 2017년까지 전국 발못자리 12개 시험지에서 ‘큰 품’의 잎도열병 반응을 검정한 결과 11개 지역에서 중도저항성을 보였으며 1개 지역에서 약한 반응을 보여 ‘큰눈’보다 강하였다. 목도열병 또한 이천, 익산, 밀양에서 이병수율이 0.1~16.6%로 ‘큰눈’에 비해 강하였다(0.0~26.5%) (Table 6, Fig. 4). 흰잎마름

Table 5. Agronomic traits related to lodging resistance of 'Keunpum'. ('17, LAT^z)

Variety	Culm length (cm)	Third Internode-length (cm)	Breaking strength (g)	Lodging Index	Lodging in the field (0~9)
Keunpum	79	9.1	1,331	100	1
Keunnun	79	10.0	1,554	111	1

^zLocal adaptability test**Table 6.** Reaction to rice blast disease of 'Keunpum' which has moderate resistance about leaf and neck blast. ('15~'17, LAT^z)

Variety	Reaction to leaf blast at nursery test ^x (0-9)			Reaction to neck blast (%)		
	No. of site tested (12)			Ichon	Iksan	Milyang
	R ^y (0-3)	M (4-6)	S (7-9)			
Keunpum	0	11	1	0.6	16.6	0.1
Keunnun	1	7	4	26.5	14.2	0.0

^zLocal adaptability test^yR: resistant (Degree, 0-3), M: moderate (Degree, 4-6), S: susceptible (Degree, 7-9)^xData was investigated in 12 leaf blast test site at local adaptability test region**Table 7.** Reaction to bacterial blight, virus diseases and insect pests of 'Keunpum' ('15~'17, LAT^z)

Variety	Bacterial blight				Virus diseases			Resistance to insects	
	K1	K2	K3	K3a	Stripe	Dwarf	BSD ^x	BPH	SBPH
Keunpum	R ^y	R	R	S	R	S	S	S	S
Keunnun	S	S	S	S	R	S	S	S	S

^zLocal adaptability test^yR: resistant, S: susceptible^xBSD: black-streak dwarf, BPH: brown planthopper, SBPH: small brown planthopper**Table 8.** Yields of giant embryo rice cultivar, 'Keunpum'. ('15~'17, LAT^z)

Region	Site	Keunnun (kg/10a)	Keunpum (kg/10a)				
			'15	'16	'17	Ave.	Index
Central	4	482	527	527	536	530	110
Honam	1	492	509	566	581	552	112
Average	-	484	523	535	545	534**	110

Asterisks indicate significant differences between 'Keunnun' and 'Keunpum' as evaluated by the *t*-test: ***p*<0.01^zLocal adaptability test

병(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*)은 K1, K2, K3균계에서 강한 반응을 보였으나 K3a 저항성이 없었다. 바이러스병인 줄무늬잎마름병에는 강한 반응을 보였으나, 오갈병 및 검은줄오갈병은 '큰눈'과 비슷하게 약한 반응을 보였다. 해충에 대해서는 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål) 및 애멸구(*Delphacodes striatella* Fallem)에 모두 약한 반응을 보였다(Table 7).

수량성

2015년부터 2017년까지 3개년간 중부평야지인 수원, 화성, 춘천, 청주 4개소와 호남평야지인 예산 1개소에서 실시한 지역적응시험 결과 쌀 수량은 평균 534 kg/10a로 대비품종인 '큰눈'(484 kg/10a)보다 10% 높게 나타났다(*p*<0.01) (Table 8). 이는 지금까지 국내에서 개발된 거대배아미 중 최대수량이다.

Table 9. Grain shape, protein and amylose content of ‘Keunpum’.('15~'17, LAT^z)

Variety	Unhulled rice				Brown rice				Protein content (%)	Amylose content (%)
	L ^z	W ^y	T ^x	L/W ^w	L	W	T	L/W		
Keunpum	7.09	3.34	2.25	2.12*	4.79	2.85	2.02	1.68	5.7	19.3
Keunnun	7.17	3.44	2.30	2.08	4.85	2.81	2.07	1.73	5.7	18.3

Asterisks indicate significant differences between ‘Keunnun’ and ‘Keunpum’ as evaluated by the *t*-test: **p*<0.05^zlength, ^ywidth, ^xthickness, ^wlength/width ratio**Table 10.** Total dietary fiber and GABA content of brown and germinated brown rice of ‘Keunpum’

('15~'16, Suwon)

Variety	Total dietary fiber (%)		GABA (mg/100g)	
	Brown rice	Germinated brown rice	Brown rice	Germinated brown rice
Keunpum	6.45 ^{ns}	6.71*	6.61**	39.47*
Keunnun	6.43	7.80	4.58	49.72

Asterisks indicate significant differences between ‘Keunnun’ and ‘Keunpum’ as evaluated by the *t*-test: ***p*<0.01, **p*<0.05, ^{ns}Not significant

입형 및 미질특성

입형은 정조 장폭비가 2.12, 현미 장폭비가 1.68로 ‘큰눈’(2.08, 1.73)과 비슷하게 단원형이며 배유 부분이 ‘큰눈’보다 맑아 외관 품질이 좋다(Fig. 3). 아밀로스 함량은 19.3%로 ‘큰눈’(18.3%)에 비해 높았고 단백질 함량은 5.7%로 같았다(Table 9).

현미와 발아현미의 총식이섬유 및 GABA 함량

식이섬유는 식품 탄수화물 중 인체에서 분해 또는 소화흡수가 불가능한 탄수화물로 일반적으로 현미 내 식이섬유 함량은 발아 과정에서 증가하는 것으로 알려져 있으며 장관 내에서 여러가지 기능을 한다. 즉, 장내 점성을 높이고 혈당지수와 혈액내 콜레스테롤 수치를 낮게 해줄 뿐만 아니라 변의 부피를 증가시키고 장내 음식물의 이동을 늦추며 포만감과 장 운동성을 향상시킨다(Cho et al. 2011). 이러한 이유로 현미의 총식이섬유 함량을 조사한 결과 ‘큰눈’은 6.45%로 ‘큰눈’(6.43%)과 비슷하였고 발아현미에서는 6.71%로 ‘큰눈’(7.80%)보다 낮았지만(*p*<0.05) 두 품종 모두 발아 시에는 증가하였다. 이는 Ohtsubo 등(2005)이 발아 현미가 백미와 현미에 비하여 각각 식이섬유 함량이 7배와 1.5배정도 높아졌다는 결과와 비슷한 경향을 보였다. GABA는 비단백계 구성 아미노산으로 뇌에서 신경전달물질로 알려져 있으며 혈중 콜레스테롤과 중성지방의 증가 억제, 혈당 상승 억제, 항비만 작용, 알코올대사 촉진 작용, 감정 및 불안 장해 해소, 뇌졸중 후유증 개선 작용, 성장호르몬 분비 촉진 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Lim et al. 2009). 또한 GABA는 현미의 발아 동안 가장 큰 함량 증가를 보이는 물질이며 발아현미

에서 가장 주목받고 있는 물질 중 하나로 알려져 있어(Cho et al. 2011) 그 함량을 측정한 결과 ‘큰눈’의 GABA 함량은 현미에서 6.61 mg/100g으로 4.58 mg/100g인 ‘큰눈’보다 유의하게 (*p*<0.01) 높았으며 발아현미에서는 39.47 mg/100g로 49.72 mg/100g인 ‘큰눈’보다 낮았지만(*p*<0.05) 발아 시 증가하였다(Table 10). 이러한 결과는 Lee (2010)가 품종 별 발아에 따른 GABA함량 변화 연구에서 모두 발아 전 시료에 비해서 10배 이상 GABA함량이 증가한다는 결과와 Kum 등(2004) 연구에서 현미를 발아한 뒤 GABA 함량이 약 60% 증가한다는 결과와 비슷한 경향을 보였다.

식이섬유나 GABA와 같은 기능성 성분이 발아 시 증가한다는 위와 같은 결과는 아직까지 발아현미를 백미나 기타 곡식과 혼합하여 섭취하는 데 익숙한 소비자에게 즉석 취반밥, 시리얼, 차 등 2차 가공식품을 통한 소비 확대 시 발아현미의 장점으로 부각시킬 수 있다.

현미의 페놀성 화합물 함량 및 Radical 소거 활성

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 물질로 다양한 구조와 분자량을 가지며, 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와의 결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있으며(Rice-Evans et al. 1997), 곡류에 함유되어 있는 polyphenolic 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있다(Middleton & Kandaswami 1994). ‘큰눈’ 현미의 총폴리페놀, 총플라보노이드, 총탄닌과 같은 항산화 성분 함량을 분석한 결과 총폴리페놀과

Table 11. Antioxidant contents and antioxidant activity of brown rice of ‘Keunpum’.

(‘16, Suwon)

Variety	Total polyphenolics (mg GAE/100g)	Total flavonoids (mg CE/100g)	Total tannins (mg TAE/100g)	DPPH radical scavenging (mgTE/100g)	ABTS radical scavenging (mgTE/100g)
Keunpum	13.27*	3.84 ^{ns}	4.37*	75.23**	116.08**
Keunnun	11.78	3.82	3.93	66.77	105.78

Asterisks indicate significant differences between ‘Keunnun’ and ‘Keunpum’ as evaluated by the *t*-test: ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, ^{ns}Not significant

총탄닌 함량은 각각 13.27 mg/100g, 4.37 mg/100g으로 ‘큰눈’(11.78, 3.93)보다 높았고($p < 0.05$) 총플라보노이드 함량은 3.84 mg/100g로 ‘큰눈’(3.82)과 비슷하였다(Table 11). 현미의 항산화 활성을 DPPH radical 소거 활성법(Nieva et al. 2000)과 ABTS radical 소거 활성법(Kim et al. 2009)으로 측정하여 표준 물질인 Trolox와 비교 mgTE (Trolox equivalent antioxidant capacity)/100g로 나타난 결과 ‘큰품’의 DPPH radical 소거 활성과 ABTS소거 활성은 각각 75.23 mgTE/100g, 116.08 mgTE/100g으로 ‘큰눈’(66.77, 105.78)보다 높았다($p < 0.01$)(Table 11). 이러한 항산화 활성은 인체 내에서 활성 Radical에 의한 질병과 노화를 억제(Kim et al. 2009)하는 데 중요한 역할을 할 수 있다는 의미에서 현미를 이용한 가공품 제조 시 기초자료로 활용될 수 있다.

적응지역 및 재배상의 유의점

‘큰품’은 중부평야지에 적응하는 중만생종으로 질소질 비료 과용 시 도복, 등숙률 저하와 병해충 발생이 우려되므로 적정 균형시비 하여야 하며 흰잎마름병 균계 K3a와 멸구류에는 저항성이 없으므로 적기에 기본방제를 하여야 한다. 또한 키다리병 방제를 위하여 철저한 종자소독이 필요하고 내냉성에 약하므로 냉수용출답이나 만식재배를 피하는 것이 좋다.

적 요

‘큰품’은 수량성, 외관품위, 기능성 성분 향상을 통한 경제성과 상품성을 높여 쌀 소비를 활성화 하고자 기존 거대배아미인 ‘큰눈’을 모본으로 흰잎마름병 등에 저항성이며 밥맛과 도정특성이 우수한 최고품질 품종 ‘삼광’을 부분으로 교배한 후 계통육종법으로 전개 2017년 거대배아미로 육성하였다. 주요 농업적 특성은 중부 및 호남 평야지 5개소 보통기 보비재배에서 출수기가 평균 8월 10일로 ‘큰눈’보다 4일 빠른 중만생종이고 간장은 20 cm로 적당하며 주당수수는 13개, 수당립수는 136개이고 현미천립중은 19.1 g으로 ‘큰눈’과 비슷하다. 불시출수는 되지

않았고 성숙기 잎의 노화는 늦은 편이며 수발아율은 30.6%로 ‘큰눈’ 27.3%보다 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다. 종합 내냉성은 7로 ‘큰눈’과 비슷하게 약했고 도복지수는 ‘큰눈’보다 낮아 도복에 강했다. 잎도열병, 흰잎마름병(균계 K1, K2, K3)과 줄무늬잎마름병에 강했고 잎도열병에는 중도저항성을 벼멸구 및 애멸구에 모두 약한 반응을 보였다. 백미 수량성은 10a당 평균 534 kg으로 ‘큰눈’(484 kg)보다 10% 증수되었다. 입형은 정조 장폭비가 2.12, 현미장폭비가 1.68로 ‘큰눈’과 비슷하게 단원형이며 배유부분이 ‘큰눈’보다 맑아 외관품위가 우수하다. 아밀로스 함량은 19.3%, 단백질 함량은 5.7%였다. ‘큰품’ 현미의 총식이섬유 함량은 6.45%로 ‘큰눈’(6.43%)과 비슷하였고 발아 현미에서는 6.71%로 ‘큰눈’(7.80%)보다 낮았지만($p < 0.05$) 두 품종 모두 발아 시에는 증가하였다. GABA 함량을 측정한 결과 ‘큰품’의 GABA 함량은 현미에서 6.61 mg/100g으로 4.58 mg/100g인 ‘큰눈’보다 유의하게($p < 0.01$) 높았으며 발아현미에서는 39.47 mg/100g로 49.72 mg/100g인 ‘큰눈’보다 낮았지만($p < 0.05$) 발아 시 증가하였다. ‘큰품’ 현미의 총폴리페놀과 총탄닌 함량은 각각 13.27 mg/100g, 4.37 mg/100g으로 ‘큰눈’(11.78, 3.93)보다 높았고($p < 0.05$) 총플라보노이드 함량은 3.84 mg/100g로 ‘큰눈’(3.82)과 비슷하였다. ‘큰품’의 DPPH radical 소거 활성과 ABTS소거 활성은 각각 75.23 mgTE/100g, 116.08 mgTE/100g으로 ‘큰눈’(66.77, 105.78)보다 높았다($p < 0.01$). 식이섬유나 GABA와 같은 기능성 성분이 발아 시 증가한다는 것과 항산화 활성을 가지고 있다는 결과는 아직까지 발아현미를 백미나 기타 곡식과 혼합하여 섭취하는 데 익숙한 소비자에게 즉석 취반밥, 시리얼, 차 등 2차 가공식품을 통한 소비 확대 시 (발아)현미의 장점으로 부각시킬 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

‘큰품’을 육성함에 있어 적극 협력해주신 국립식량과학원 본원, 중부작물부, 남부작물부 벼 육종 연구팀 및 각 도농업기술원 지역적응시험 담당자들과 농촌진흥청 연구정책국 관계관

여러분께 깊이 감사 드리며 본 연구는 농촌진흥청 기관고유사업
(공동과제명 : 중부지역 적응 고품질 벼 품종개발(3단계), 과제번호 : PJ013150032021)의 지원으로 수행된 결과입니다.

REFERENCES

1. Cho DH, Chung HJ, Cho HY, Lim ST. 2011. Health functions and utilization products of germinated brown rice. Food Science and Industry 3: 76-86.
2. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food Chem 99: 381-387.
3. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. J Agr Food Chem 50: 4959-4964.
4. Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. J Food Biochem 25: 361-377.
5. Hong HC, Kim YG, Choi YH, Yang SJ, Lee KS, Lee JH, Jeong OY, Yang CI, Cho YC, Choi IS, Baek MK, Kim MK, Yea JD, Hwang HG, Roh JH, Kim SL, Choi HC, Lee YT, Lee SH. 2012. A medium-maturing, giant-embryo and germination brown rice cultivar 'Keunnun'. Korean J Breed Sci 44: 160-164.
6. Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. 2009. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. J Korean Soc Food Sci Nutr 38: 989-995.
7. Kim JM, Yu MY, Shin MS. 2012. Effect of mixing ratio of white and germinated brown rice on the physicochemical properties of extruded rice flours. Korea J Food Cookery Sci 28: 813-820.
8. Kum JS, Choi BK, Lee HY, Park JD. 2004. Physicochemical properties of germinated brown rice. Korean J Food Preserv 11: 182-188.
9. Kim SL, Son YK, Son JR, Hur HS. 2001. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. Korean J Crop Sci 46: 221-228.
10. Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. 2004. Various properties and phenolic acid contents of rice and rice brans with different milling fractions. Korea J Food Sci Technol 36: 930-936.
11. Kim YG, Hong HC, Hwang HG, Choi IS, Cho YC, Baek MK, Choi YH, Kang KH, Shin YS, Lee JH, Kim HY, Yea JD, Ryu HY, Jeong EK, Yang CI, Jung KH, Jeong OY, Jeon YH. 2007. A mid-late maturing, multi-disease resistant and good-quality rice variety 'Samkwangbyeol'. Korean J Breed Sci 39: 582-583.
12. Korea Statistical Information Service. 2020. Per capita annual consumption by food grain. Food Grain Consumption Survey Report. pp. 27.
13. Lee JS. 2010. Development and materials of high functional germination brown rice using GABA generating mechanism. Rural Development Administration. pp. 18-21.
14. Lee KH, Ham HM, Kim HJ, Park HY, Sim EY, Oh SK, Kim WH, Jeong HS, Woo KS. 2016. Functional components and radical scavenging activity of germinated brown rice according to variety. Korean J Food Nutr 29: 145-152.
15. Lee YR, Kim JY, Woo KS, Hwang IG, Kim KH, Kim KJ, Kim JH, Jeong HS. 2007. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. Food Sci Biotechnol 16: 1006-1010.
16. Lim SD, Kim KS. 2009. Effects and utilization of GABA. Korean J Dairy Sci Technol 27: 45-51.
17. Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol 48: 115-119.
18. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs · aT. 2019. 2019 processed food segmentation market status - simple food market. pp. 1-3.
19. Nakagawa K, Onoto A. 1996. Accumulation of γ -aminobutyric acid (GABA) in the rice germ. Food Process 31: 43-46.
20. Nieva MM, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. J Ethnopharmacol 71: 109-114.
21. Oh SH, Kim SH, Moon YJ, Choi WG. 2002. Changes in the levels of γ -aminobutyric acid and some amino acids by application of glutamic acid solution for the germination of brown rice. Korean J Biotechnol Bioeng 17: 49-53.
22. Ohtsubo K, Suzuki K, Yasui Y, Kasumi T. 2005. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twinscrew extruder. J Food Composition and Analysis 18: 303-316.
23. Park DS, Hwang UH, Park SK, Lee JH, Han SI, Cho JH, Lee JY, Oh SH, Jang KC, Seo WD, Shin DJ, Kim SY, Song YC, Yeo US, Park NB, Nam MH, Lee JK. 2015. A waxy black giant embryo early maturing rice variety

- 'Nunkeunheugchal'. Korean J Breed Sci 47: 68-74.
24. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends in Plant Sci 2: 152-159.
25. Rural Development Administration. 2015. 2015 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop.
26. Rural Development Administration. 2016. 2016 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop.
27. Rural Development Administration. 2017. 2017 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop.